

# KAJIAN HUJAN–ALIRAN MENGGUNAKAN MODEL HEC–HMS DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI WURYANTORO WONOGIRI, JAWA TENGAH

Rifai Munajad  
rifaimunajad@gmail.com

Slamet Suprayogi  
slametsuprayogi@yahoo.com

## ABSTRACT

*The HEC-HMS model for rainfall-runoff calculation in a catchment includes rainfall and catchment characteristic as inputs, also runoff as the output. Aims of this research are 1) understand the physical characteristic of catchment from the curve number (CN) value, 2) understand runoff characteristic (peak discharge, outflow volume, and time to peak) from the HEC-HMS flood hydrograph model, compared with measured flood hydrograph. Composite CN of the catchment is determined using SCS-CN approach. Initial parameters of the model using HEC-GeoHMS showed model element plot and initial parameters value (composite CN, impervious area percentage, and time lag). HEC-HMS flood hydrograph model analysis includes runoff calculation using SCS-CN model, direct runoff using SCS UH, and baseflow using exponential recession. The result shows that composite CN value of Wuryantoro catchment in 2010 is 69.53 under AMC II condition. HEC-HMS flood hydrograph result shows good value with 0.24% objective function for peak discharge, 1.85% for outflow volume difference, and the same time to peak.*

*Keywords: rainfall-runoff model, flood hydrograph, curve number, HEC-HMS*

## ABSTRAK

Model HEC-HMS untuk perhitungan hujan-aliran di DAS terdiri atas masukan berupa hujan dan karakteristik DAS serta aliran sebagai keluaran. Tujuan penelitian ini adalah 1) mengetahui karakteristik fisik DAS berupa nilai *curve number* (CN), 2) mengetahui karakteristik aliran (debit puncak, volume *outflow* dan waktu puncak) hasil hidrograf banjir model HEC-HMS dengan hidrograf banjir terukur. Penentuan CN komposit DAS menggunakan pendekatan SCS-CN. Parameter awal model dengan HEC-GeoHMS menghasilkan alur elemen model dan nilai parameter awal (CN komposit, persentase *impervious area* dan *time lag*). Analisis hidrograf banjir model HEC-HMS meliputi perhitungan *runoff* dengan model SCS-CN, *direct runoff* menggunakan SCS UH dan *baseflow* menggunakan resesi eksponensial. Hasil penelitian ini menunjukkan nilai CN komposit Sub DAS Wuryantoro pada tahun 2010 sebesar 69,53 pada kondisi AMC II. Hasil hidrograf banjir model HEC-HMS memberikan nilai sangat baik dengan *objective function* sebesar 0,24% untuk selisih debit puncak, 1,85% untuk selisih volume *outflow* dan waktu puncak sama.

Kata kunci: model hujan-aliran, hidrograf banjir, *curve number*, HEC-HMS

## PENDAHULUAN

DAS dapat dianggap sebagai suatu unit hidrologi (*hydrological unit*). Artinya, DAS berfungsi mengalihragamkan masukan berupa hujan menjadi keluaran berupa aliran dan bentuk keluaran lainnya seperti sedimen, unsur hara dan lain sebagainya (Seyhan, 1990). Proses alih ragam hujan-aliran DAS merupakan proses alamiah sangat kompleks yang dipengaruhi oleh

beberapa faktor. Chow (1964 dalam Sudibyakto, 1991) menjelaskan terdapat dua faktor utama yang mempengaruhi aliran yaitu faktor iklim dan faktor fisiografi. Faktor iklim menyangkut hubungan antara hujan dan evapotranspirasi. Faktor fisiografi menyangkut karakteristik sungai dan karakteristik DAS.

Hujan merupakan sifat meteorologi yang penting dalam menentukan debit aliran sungai. Akan tetapi, karakteristik penggunaan lahan dan tanah merupakan sifat-sifat fisik DAS yang mempunyai pengaruh dalam menentukan aliran. Sifat-sifat fisik DAS tersebut dapat dinyatakan dalam suatu indeks berupa *curve number* (CN). Menurut McCuen (1998) nilai CN menyatakan pengaruh hidrologi bersama tanah, penggunaan lahan dan kelengasan tanah.

Debit aliran sangat diperlukan untuk mengetahui potensi sumberdaya air dalam DAS. Menurut Tivianton (2010) debit aliran sungai merupakan total keseluruhan dari limpasan permukaan, air hujan yang langsung jatuh di tubuh air sungai, aliran antara dan aliran dasar. Pengukuran debit aliran sungai tersebut dapat diamati pada titik *outlet* sungai.

Salah satu cara yang dipandang cukup baik untuk analisis hujan-aliran DAS dengan hidrograf banjir aliran. Menurut Sene (2008) hidrograf banjir akan sangat berguna untuk mempelajari fluktuasi volume sungai dan waktu debit puncak. Dengan hidrograf banjir akan diperoleh hubungan antara hujan dengan debit aliran sungai dalam rentang waktu tertentu.

Kenyataannya data aliran yang digunakan untuk menyatakan hidrograf banjir tidak semua tersedia pada setiap DAS, terutama untuk DAS tidak terukur. Alasan kelangkaan ketersediaan data tersebut, maka analisis kuantitatif dapat dilakukan dengan model hidrologi. Model HEC-HMS yang dikembangkan oleh *US Army Corps of Engineers* (USACE) dapat digunakan untuk menirukan sistem DAS yang kompleks dengan membuat penyederhanaan. Selain itu, asumsi tersebut harus dipenuhi agar masukan dan keluaran dari model sesuai untuk sistem DAS yang sebenarnya.

HEC-HMS untuk simulasi perhitungan aliran berdasarkan hujan dan karakteristik DAS sebagai komponen masukannya. Karakteristik DAS tersebut menyangkut aspek morfometri, penggunaan lahan dan kondisi tanah.

Berdasarkan uraian sebelumnya, maka tujuan penelitian ini antara lain: 1) mengetahui karakteristik fisik DAS berupa nilai *curve number* (CN) sebagai pengaruh dari penggunaan lahan, kondisi hidrologi dan kelengasan tanah. 2) Mengetahui karakteristik aliran (debit puncak, volume *outflow* dan waktu puncak) antara hasil hidrograf banjir model HEC-HMS dengan hidrograf banjir terukur.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: data curah hujan, data aliran, data DEM, peta RBI digital skala 1:25.000 (lembar peta Eromoko 1408-321, Manyaran 1408-323 dan Wonogiri 1408-324), peta tanah lembar Surakarta dan citra GeoEye tahun 2010 daerah penelitian. Alat yang digunakan antara lain: alat tulis, 1 unit komputer, perangkat lunak HEC-GeoHMS, perangkat lunak HEC-HMS dan perangkat lunak ArcGIS.

### Daerah Penelitian dan Sampel Data

Daerah penelitian berada di Sub DAS Wuryantoro. Batasan DAS ditentukan dari hasil analisis DEM dengan bantuan perangkat lunak HEC-GeoHMS. Penentuan sampel untuk uji koreksi penggunaan lahan didasarkan pada persebaran penggunaan lahan hasil analisis penggunaan lahan pada peta maupun citra.

### Penentuan Nilai *Curve Number* (CN) dengan SCS *Curve Number* (CN)

Penentuan CN menggunakan pendekatan kelompok hidrologi tanah (*Hydrologic Soil Group*, HSG), karakteristik penggunaan lahan dan kelengasan tanah. Kelompok hidrologi tanah ditentukan berdasarkan sifat-sifat tanah (karakteristik jenis tanah dan tekstur tanah) dari peta tanah, yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Hidrologi Tanah Berdasarkan Tekstur Tanah

Tekstur	Kapasitas air efektif (mm/mm)	Laju infiltrasi minimum (mm/jam)	Kelas SCS
Pasir	8,89	210,06	A
Pasir bergeluh	7,87	61,21	A
Geluh berpasir	6,35	25,91	B
Geluh	4,83	13,21	B
Geluh berdebu	4,42	6,86	C
Geluh lempung berpasir	3,56	4,32	C
Geluh berlempung	3,56	2,29	D
Geluh lempung berdebu	2,79	1,52	D
Lempung berpasir	2,29	1,27	D
Lempung berdebu	2,29	1,02	D
Lempung	2,03	0,51	D

Sumber: Wanielista, dkk. (1997)

Penetapan klasifikasi CN pada berbagai penggunaan lahan berdasarkan SCS-CN terdiri atas tiga faktor, yaitu bentuk penggunaan lahan, perlakuan atau tindakan yang diberikan dan keadaan hidrologi. DAS yang terdiri atas berbagai penggunaan lahan dan jenis tanah, maka nilai CN dihitung keseluruhan sebagai nilai komposit dengan persamaan 1.

$$CN_{kom} = \frac{\sum A_i \times CN_i}{\sum A_i} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana  $CN_{kom}$  adalah CN komposit,  $i$  adalah indeks pembagian DAS yang mempunyai penggunaan lahan dan tanah yang sama,  $CNi$  adalah CN untuk pembagian  $DAS_i$  dan  $A_i$  adalah luas  $DAS_i$ .

Pada akhirnya, CN komposit ditentukan oleh kondisi kelengasan tanah (*Antecedent Moisture Condition*, AMC), yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi AMC (*Antecedent Moisture Condition*)

Kelompok AMC	Jumlah Curah Hujan 5 Hari Sebelumnya (mm)	
	Musim Dorman	Musim Tumbuh
AMC I (kering)	kurang dari 13	kurang dari 35
AMC II (sedang)	13 – 28	35 – 53
AMC III (basah)	lebih dari 28	lebih dari 53

Sumber: McCuen (1998 dalam Arsyad, 2010)

Perubahan CN kondisi AMC I (kering) dan AMC III (basah) ditentukan berdasarkan kondisi AMC II (normal) dengan menggunakan persamaan 2 dan 3.

$$CN(I) = \frac{4,2 CN(II)}{10 - 0,058 CN(II)} \dots\dots\dots(2)$$

$$CN(III) = \frac{23 CN(II)}{10 + 0,13 CN(II)} \dots\dots\dots(3)$$

### Analisis Hidrograf Banjir dengan HEC-HMS

Analisis hidrograf banjir dalam model HEC-HMS terdiri dari dua macam data, yaitu hidrograf banjir terukur dan hidrograf banjir model. Hidrograf banjir terukur diperoleh dari pasangan data hujan-aliran. Data debit aliran ditentukan dari pencatatan tinggi muka air dengan persamaan lengkung aliran (*rating curve*). Sedangkan komponen analisis hidrograf banjir model HEC-HMS, yaitu sebagai berikut:

#### 1) Presipitasi Model *Specified Hyetograph*

Model *hyetograph* untuk masukan hujan yang terjadi dalam pemodelan menerus (*continuous model*). Model ini diasumsikan hujan terdistribusi merata seluruh DAS untuk periode waktu tertentu. Metode ini memasukkan besaran hujan (tebal hujan pada periode waktu tertentu) untuk setiap subDAS, sehingga setiap subDAS mempunyai satu *hyetograph*.

#### 2) Volume Runoff Model SCS Curve Number (CN)

Metode SCS-CN memperkirakan hujan yang menghasilkan aliran sebagai pengaruh dari

penggunaan lahan, kondisi hidrologi dan kelengasan tanah. Parameter tersebut dinyatakan dalam indeks berupa CN. Model perhitungan SCS-CN dapat ditunjukkan pada persamaan 4 (USACE, 2000).

$$Pe = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana  $P_e$  adalah akumulasi hujan efektif pada waktu  $t$ ,  $P$  adalah akumulasi hujan pada waktu  $t$ ,  $I_a$  adalah kehilangan mula-mula (*initial loss*) dan  $S$  adalah potensi penyimpanan maksimum (*potential maximum retention*).

Hubungan empiris antara  $I_a$  dan  $S$  dengan persamaan 5.

$$I_a = 0,2 \times S \dots\dots\dots(5)$$

Akumulasi hujan efektif pada saat  $t$  ditunjukkan pada persamaan 6.

$$Pe = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \dots\dots\dots(6)$$

Hubungan antara nilai penyimpanan maksimum dengan karakteristik DAS berupa nilai CN dengan persamaan 7.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \text{ (mm)} \dots\dots\dots(7)$$

Selain CN, parameter yang juga berpengaruh terhadap volume *runoff* adalah luas daerah kedap (*impervious area*).

#### 3) Direct Runoff Model SCS Unit Hydrograph

Metode SCS UH memerlukan penentuan nilai waktu puncak ( $t_p$ , *time to peak*) dan debit puncak ( $Q_p$ ) ditunjukkan pada persamaan 8 (USACE, 2000).

$$Q_p = C \frac{A}{t_p} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana  $A$  adalah luas daerah aliran air dan  $C$  adalah konversi tetap (208 di SI dan 484 di dalam sistem kaki).

Waktu puncak (juga yang dikenal sebagai waktu kenaikan) terkait lama kejadian hujan, seperti persamaan 9.

$$t_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana  $\Delta t$  adalah lama kejadian hujan (jam) dan  $t_{lag}$  adalah *time lag* (jam).



Persamaan untuk menentukan parameter *time lag* ditunjukkan pada persamaan 10.

$$t_{lag} = \frac{L^{0.8} \times (S+1)^{0.7}}{1900 \times r^{0.5}} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana L adalah panjang sungai utama (ft), Y adalah kemiringan DAS (%) dan S adalah *potential maximum retention* (inchi), ditentukan dengan  $S=1000/CN - 10$  dengan CN adalah *curve number*.

#### 4) Baseflow Model Resesi Eksponensial

Model ini menunjukkan hubungan dari  $Q_t$  atau aliran dasar (*baseflow*) pada suatu waktu tertentu pada persamaan 11 (USACE, 2000).

$$Q_t = Q_0 \times k^t \dots\dots\dots(11)$$

Dengan  $Q_t$  adalah debit *baseflow* pada waktu t,  $Q_0$  adalah nilai awal aliran dasar (pada  $t=0$ ) dan k adalah konstanta eksponensial.

Model aliran dasar melibatkan aliran awal (*initial flow*), rasio pengurangan (*recession ratio*) dan aliran antara. Parameter tersebut ditetapkan berdasarkan hidrograf terukur. Konstanta pengurangan (k) tergantung dari sumber aliran dasar. Pada daerah permukaan alami nilai berkisar  $0 \leq k \leq 1$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

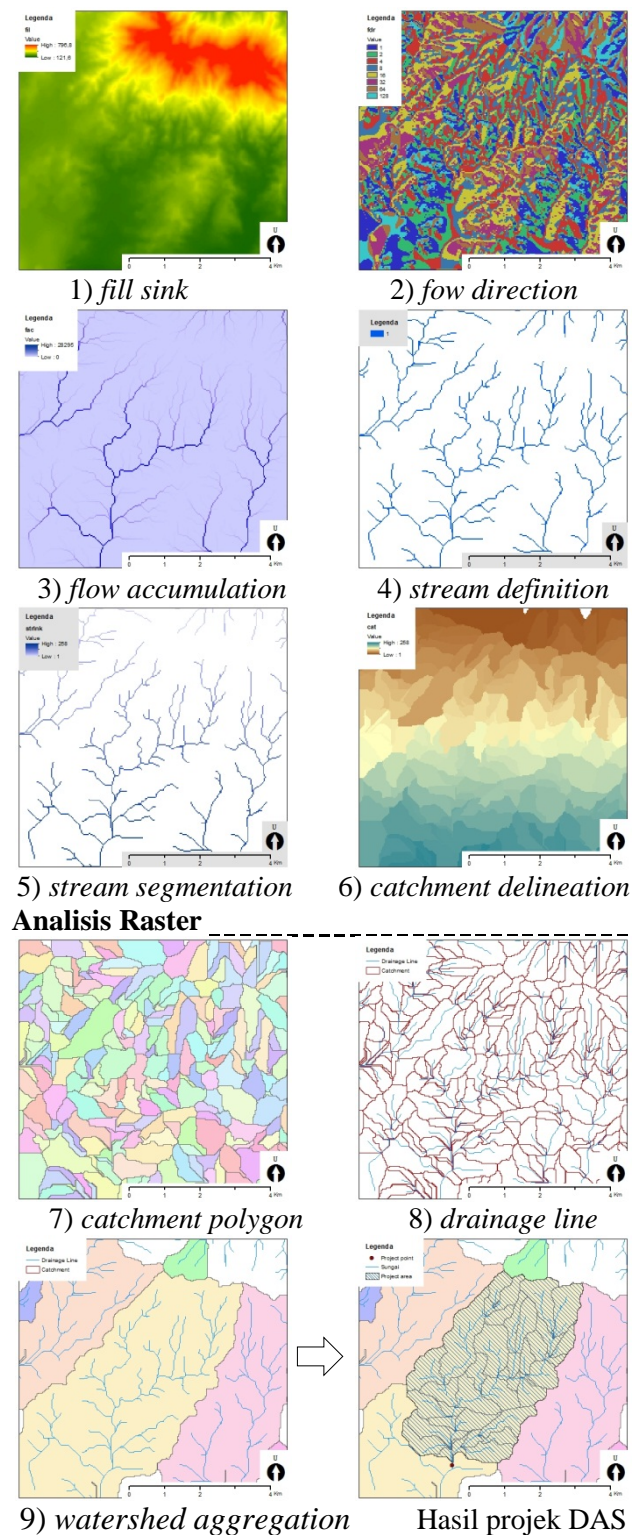
### Kondisi Umum Daerah Penelitian

Daerah penelitian Sub DAS Wuryantoro terletak antara 481525 – 486481 mT dan 9129258 – 9134486 mU. Berdasarkan hasil delineasi batas DAS (analisis HEC-GeoHMS) dengan *outlet* di stasiun pengamat arus sungai (SPAS) Wuryantoro memiliki luas keseluruhan 17,92 km<sup>2</sup>. Selain itu, terdapat stasiun penakar hujan otomatis (*Automatic Rainfall Recorder*, ARR) Jomboran yang berada di dekat titik berat DAS (*center of gravity*). Berdasarkan pengelolaan DAS, Sub DAS Wuryantoro merupakan bagian DAS Solo hulu sebagai daerah tangkapan air (DTA atau *catchment area*) waduk Wonogiri.

### Penentuan Batas DAS dengan HEC-GeoHMS

Penentuan model DAS didasarkan pada hasil analisis DEM dari kontur peta RBI digital skala 1:25.000 dengan HEC-GeoHMS. Proses penentuan model DAS dimulai dari proses *terrain preprocessing* yaitu rangkaian untuk

memperoleh jaringan aliran. Proses ini terdiri atas 9 tahapan, ditunjukkan pada Gambar 1.



### Analisis Vektor

Gambar 1. Alur Proses Model DAS dengan HEC-GeoHMS

### Penentuan Nilai SCS Curve Number

Nilai CN menyatakan karakteristik fisik DAS sebagai pengaruh dari tanah, kondisi hidrologi, penggunaan lahan dan kondisi kelengasan tanah (AMC). Penentuan nilai CN

dengan metode SCS-CN, maka yang perlu dilakukan adalah menggabungkan penggunaan lahan dengan kelompok hidrologi tanah (HSG).

Menurut McCuen (1998) kelompok hidrologi tanah terbagi menjadi empat yaitu A, B, C dan D berdasarkan tekstur tanah. Jenis tekstur tanah menentukan kelompok hidrologi karena berkaitan dengan kapasitas air efektif tanah dan mempengaruhi proses infiltrasi.

Jenis tanah di Sub DAS Wuryantoro berdasarkan peta tanah lembar Surakarta terdiri atas tanah litosol, mediteran dan grumusol. Berdasarkan klasifikasi Pusat Penelitian Tanah dan pengamatan lapangan secara kualitatif dikelompokkan dalam tiga jenis tekstur yaitu pasir bergeluh, geluh lempung berpasir dan geluh berlempung. Karakteristik hidrologi tanah berdasarkan karakteristik jenis tanah dan tekstur dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok HSG yaitu A, C dan D, ditunjukkan pada Tabel 3 dengan persebarannya pada Gambar 2.

Tabel 3. Klasifikasi Kelompok Hidrologi Tanah (HSG) Sub DAS Wuryantoro

Tanah	Tekstur Tanah	HSG
Litosol	Pasir bergeluh	A
Mediteran	Geluh lempung berpasir	C
Grumusol	Geluh berlempung	D

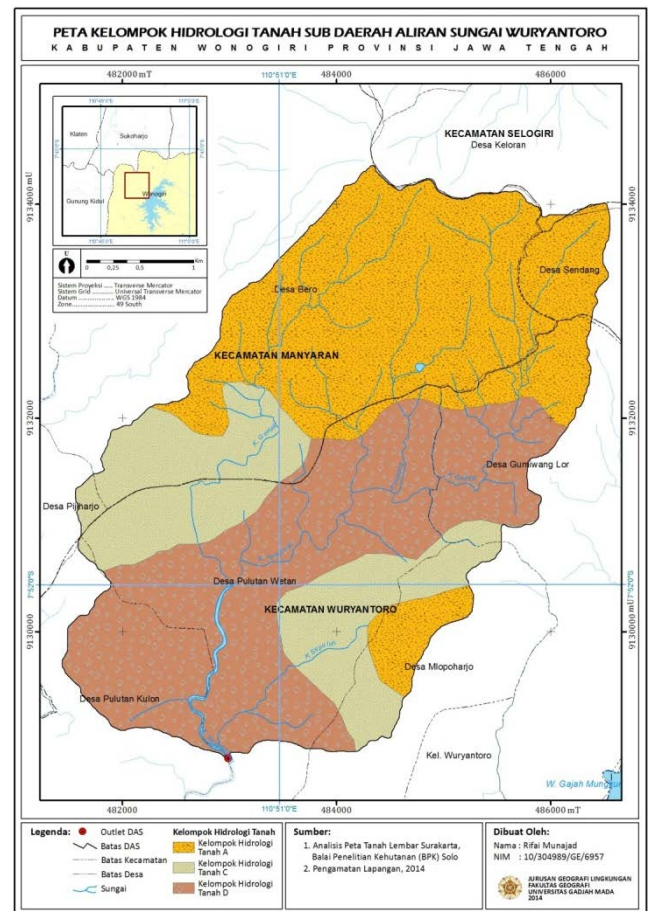
Sumber: Analisis Peta Tanah Lembar Surakarta, BPK DAS Solo

Kelompok hidrologi tanah A merupakan karakteristik mempunyai potensi menghasilkan aliran rendah (*lowest runoff potential*) dan kecepatan infiltrasi tinggi (*high infiltration rates*) dengan tekstur tanah kasar (pasir dan kerikil), maka karakteristik tanah litosol dengan tekstur pasir bergeluh dari bahan induk tuf pasiran dan breksi vulkanik diklasifikasikan kelompok HSG A.

Kelompok hidrologi tanah C merupakan karakteristik mempunyai potensi menghasilkan aliran cukup tinggi (*moderately high runoff potential*) dan kecepatan infiltrasi rendah (*low infiltration rates*) dengan tekstur tanah cukup halus sampai halus, maka karakteristik tanah mediteran dengan tekstur geluh lempung berpasir dari bahan induk batugamping dan tuf pasiran diklasifikasikan kelompok HSG C.

Kelompok hidrologi tanah D merupakan karakteristik mempunyai potensi menghasilkan aliran tinggi (*highest runoff potential*) dan kecepatan infiltrasi sangat rendah (*very low infiltration rates*) dengan tekstur tanah sangat

halus, maka karakteristik jenis tanah grumusol dengan tekstur geluh berlempung dari bahan induk batugamping napalan diklasifikasikan kelompok HSG D.



Gambar 2. Peta Kelompok Hidrologi Tanah Sub DAS Wuryantoro

Penetapan klasifikasi CN menggunakan metode SCS-CN berbagai penggunaan lahan berdasarkan faktor bentuk penggunaan lahan, perlakuan atau tindakan yang diberikan dan kondisi hidrologi. Penetapan klasifikasi penggunaan lahan berdasarkan SCS-CN di Sub DAS Wuryantoro ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi Penggunaan Lahan/Kondisi Penutup Lahan Berdasarkan SCS Curve Number

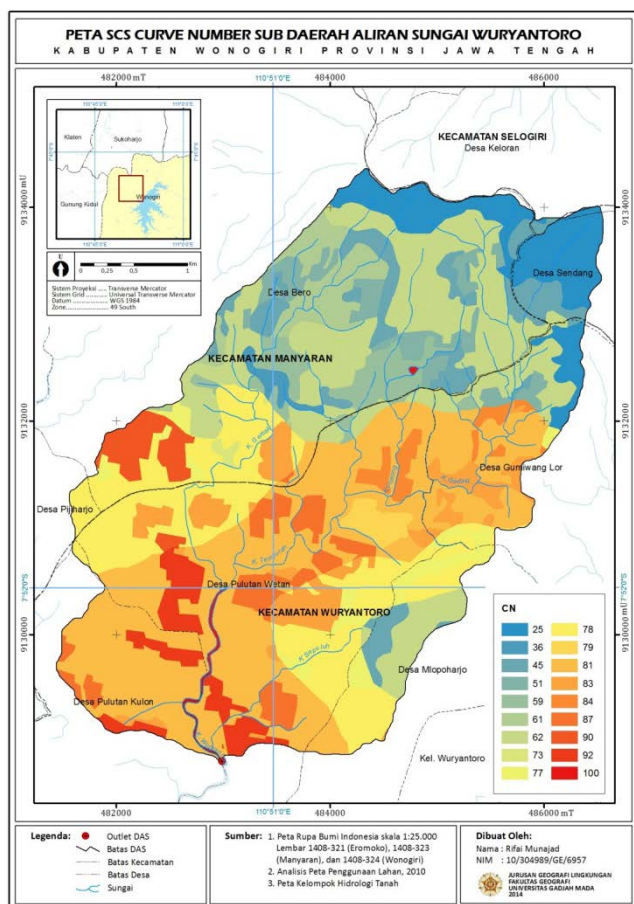
Penggunaan Lahan		Penggunaan Lahan/Kondisi Penutup Lahan		Hydrologic Soil Group		
Permukiman		Daerah permukiman		A	C	D
	kerapatan 35%	65% daerah kedap air		77	90	92
	kerapatan 60%	38% daerah kedap air		61	83	87
	kerapatan 80%	20% daerah kedap air		51	79	84
Tegalan	Tanaman panen dan berajar	sejajar dengan kontur dan berteras	baik	62	78	81
Sawah tadah hujan	Tanaman padi-padian	sejajar dengan kontur dan berteras	jelek	61	79	82
Sawah irigasi		baik	59	78	81	
Kebun campuran	Hutan		jelek	45	77	83
Hutan			sedang	36	73	79
			rapat kerapatan >70%	baik	25	70
Tubuh air	Tubuh air			100	100	100

Sumber: Analisis Peta Penggunaan Lahan (2010), Citra GeoEye (2010) dan Pengamatan Lapangan (2014)



Lee (1980 dalam Budiawan, 2012) menjelaskan kapasitas infiltrasi meningkat pada kondisi hidrologi mulai dari yang buruk (tutupan vegetasi <50%), cukup (50-75%) dan baik (>75%). Kondisi hidrologi tersebut akan berpengaruh terhadap nilai CN. Penggunaan lahan dengan tutupan vegetasi rapat, maka CN semakin kecil karena besar kapasitas infiltrasi berbanding terbalik dengan besarnya aliran.

Nilai CN yang terdapat di Sub DAS Wuryantoro berkisar antara 25 sampai dengan 100 dengan CN komposit DAS pada tahun 2010 sebesar 69,53 pada kondisi AMC II, dengan persebarannya ditunjukkan pada Gambar 3. Nilai CN tersebut relatif kecil karena daerah ini merupakan bagian DAS Solo hulu sehingga ekosistem hulu mempunyai fungsi perlindungan terhadap seluruh bagian DAS menyangkut fungsi tata air.



Gambar 3. Peta SCS Curve Number Sub DAS Wuryantoro

### Penentuan *Impervious Area*

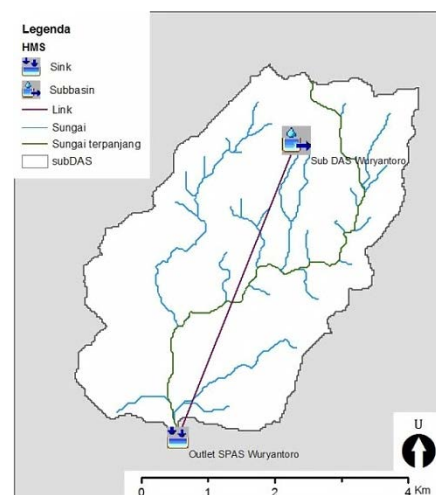
*Impervious area* (daerah kedap air) adalah wilayah yang diidentifikasi sebagai permukiman kerapatan vegetasi 35% (65% daerah kedap air) dan daerah pertokoan atau pusat perekonomian (85% daerah kedap air)

serta daerah industri. *Impervious area* diasumsikan 100% hujan yang jatuh di permukaan tanah akan menjadi aliran permukaan. Sub DAS Wuryantoro mempunyai luas *impervious area* yang sangat kecil yaitu 4,69% dari luas keseluruhan DAS.

### Analisis Hidrograf Banjir Model HEC-HMS

Analisis hidrograf banjir dengan model HEC-HMS dilakukan dengan menentukan salah satu kejadian puncak tunggal hidrograf banjir tertinggi beserta hujan tunggal dalam rentang waktu tertentu. Mengingat begitu banyaknya kejadian debit puncak, maka dalam penelitian ini hanya dipilih kejadian debit puncak aliran tanggal 08-09 Januari 2010 dengan hujan DAS sebesar 56,30 mm dengan durasi hujan 4 jam. Menurut Ponce (1989 dalam Tivianton, 2008) hujan lebih besar dari 10 mm sudah merupakan hujan deras, sehingga terdapat kemungkinan mengakibatkan banjir. Pertimbangan pemilihan tersebut karena merupakan salah satu kejadian debit puncak tunggal tertinggi dengan penyebab hujan tunggal.

Hidrograf banjir model untuk Sub DAS Wuryantoro disusun dalam elemen satu *subbasin* (subDAS) dan satu *sink* (outlet). Hasil alur elemen model tersebut ditentukan dengan HEC-GeoHMS, ditunjukkan pada Gambar 4. Pertimbangan penentuan satu *subbasin* karena DAS berukuran kecil dan hanya mempunyai satu AWLR pada SPAS Wuryantoro di *outlet* untuk kalibrasi data.



Gambar 4. Alur Elemen Model DAS Hasil HEC-GeoHMS

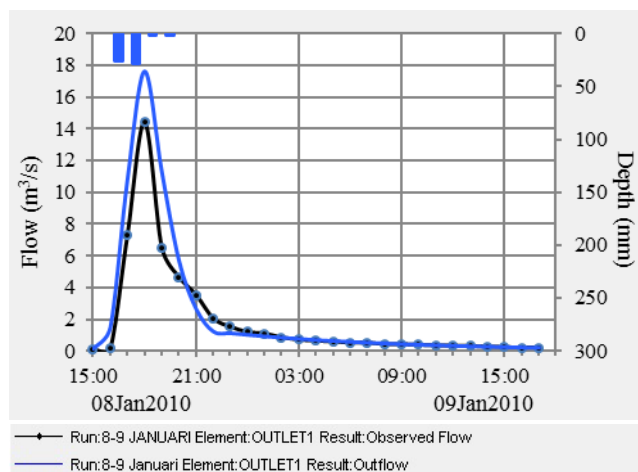
Selain alur elemen model, ditentukan parameter awal model sesuai dengan metode perhitungan HEC-HMS. Parameter awal yang telah ditentukan digunakan sebagai masukan

data untuk *subbasin* yang ditunjukkan pada Tabel 5. Selain parameter awal tersebut, juga ditentukan parameter tambahan yang meliputi *initial abstraction* (resapan awal, *losses*) dan nilai *baseflow* (*recession constant* dan *recession threshold ratio*) yang merupakan parameter *subbasin* yang dikalibrasi. Sedangkan *sink* digunakan sebagai parameter hidrograf banjir terukur pada waktu yang sama dengan hidrograf banjir model yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Tabel 5. Parameter Awal Analisis HEC-HMS

Parameter Model		Subbasin Wuryantoro
Subbasin	Luas (km <sup>2</sup> )	17,92
Loss	CN AMC II	69,53
SCS Curve Number	Impervious area (%)	4,69
Transform	Lag time (menit)	84,66
SCS Unit Hydrograph	Initial discharge 08-09Jan2010 (m <sup>3</sup> /det)	0,13

Sumber: Analisis Model HEC-HMS (2014)



Gambar 5. Perbandingan Hidrograf Banjir Model dengan Hidrograf Banjir Tanpa Kalibrasi

Parameter yang ditentukan tergantung dari ketersediaan data dan karakteristik dari DAS tersebut. Setiap model perhitungan yang ditentukan tentu memiliki keterbatasan atas data dan metode yang digunakan. Asumsi batasan yang digunakan dalam penentuan model adalah tidak ada pengaruh arus balik yang akan mengakibatkan ketinggian aliran berlebih, tidak terjadi genangan banjir pada sekitar *overbank river* ketika ketinggian air melebihi penampang sungai yang dapat memperlambat aliran air dan tidak ada saluran (*channel*) masukan atau keluaran lain selain dari subDAS tersebut yang dapat menambah atau mengurangi debit aliran (*discharge*) pada *outlet*.

Hasil hidrograf banjir model tanggal 08-09 Januari 2010 menghasilkan debit puncak sebesar 17,66 m<sup>3</sup>/det dan volume *outflow* sebesar 12,30 mm. Sementara hasil dari

hidrograf banjir terukur hanya memiliki debit puncak sebesar 14,41 m<sup>3</sup>/det dan volume *outflow* sebesar 10,01 mm. Sehingga masih terdapat selisih debit puncak sebesar 3,25 m<sup>3</sup>/det atau 22,58%, maka perlu untuk dilakukan dikalibrasi model.

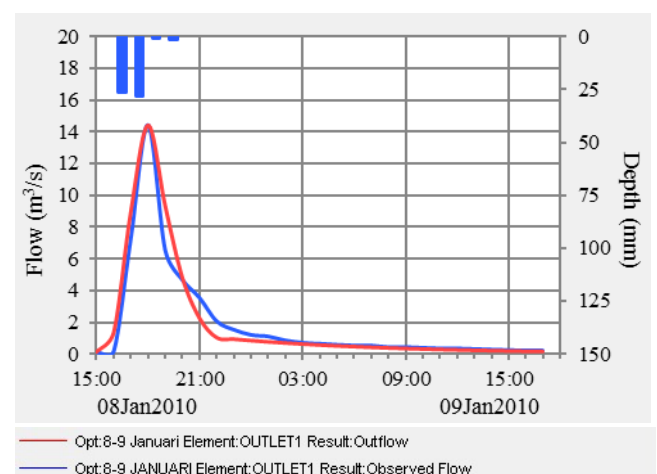
Parameter yang dilakukan kalibrasi meliputi *initial abstraction*, *recession constant* dan *recession threshold ratio*. Sedangkan parameter yang mengalami penguncian yaitu CN, SCS lag dan *baseflow initial flow*. Hal ini dikarenakan parameter tersebut merupakan parameter karakteristik DAS terukur yang dimaksudkan untuk mendekati hasil model sesuai dengan kondisi sebenarnya. Hasil optimalisasi parameter hidrograf banjir model yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Optimalisasi Parameter Hidrograf Banjir Model Tanggal 08-09 Januari 2010

Parameter	Unit	Nilai Awal	Nilai Optimalisasi	Sensivitas Fungsi Objektif
Curve Number Scale Factor		1		
Initial Abstraction Scale Factor		1	1,182	-3,52
Curve Number		69,531		
Initial Abstraction	mm	22,261	22,792	-3,52
SCS Lag	menit	84,661		
Baseflow Initial Flow	m <sup>3</sup> /det	0,132		
Recession Constant		0,1	0,092	0
Baseflow Threshold Ratio	time-to-peak	0,07	0,072	-0,07

Sumber: Kalibrasi Model HEC-HMS (2014)

Hidrograf banjir model yang dikalibrasi akan memiliki bentuk mendekati hidrograf banjir terukur. Dalam hal ini, nilai rasio terhadap puncak debit lebih diutamakan daripada rasio waktu mencapai titik puncak. Sehingga nilai debit puncak hidrograf banjir model mendekati nilai hidrograf banjir terukur, yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Optimalisasi Kalibrasi Hidrograf Banjir Model Tanggal 08-09 Januari 2010

Parameter pengujian model optimum diketahui dengan membandingkan kemiripan hasil optimalisasi kalibrasi antara hidrograf banjir model dengan hidrograf banjir terukur yang ditunjukkan dengan nilai *objective function*. *Objective function* menyatakan tingkat kesalahan hidrograf banjir model terhadap hidrograf banjir terukur. Semakin kecil nilai *objective function*, maka tingkat kesalahan parameter model semakin kecil. Hasil hubungan *objective function* antara hidrograf banjir model terhadap hidrograf banjir terukur ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil *Objective Function* Hidrograf Banjir Model Tanggal 08-09 Januari 2010

Ukuran	Hasil Model	Data Terukur	Difference	(%) Difference
Volume (mm)	10,19	10,01	0,18	
Volume (1000 m <sup>3</sup> )	182,685	179,374	3,31	1,85
Peak of Flow (m <sup>3</sup> /det)	14,44	14,41	0,03	0,24
Time of Peak	08Jan2010, 18:00	08Jan2010, 18:00		
Time of Center of Mass	08Jan2010, 20:09	08Jan2010, 20:55		

Sumber: Kalibrasi Model HEC-HMS (2014)

Hidrograf banjir model tanggal 08-09 Januari 2010 memberikan hasil sangat baik (*objective function* kurang dari 10%) dengan perbedaan perbedaan besarnya debit puncak sebesar 0,24% dan volume *outflow* sebesar 1,85% dengan waktu puncak yang sama, tetapi titik berat masa DAS mempunyai selisih cukup besar yaitu 46 menit. Hal ini disebabkan karena interval terkecil pencatatan debit banjir terukur cukup besar yaitu interval waktu 1 jam dengan ukuran DAS yang relatif kecil.

Hasil optimalisasi kalibrasi memberikan tingkat kesalahan yang sangat kecil yaitu 1,06% antara debit banjir terukur dan debit banjir model berdasarkan fungsi *Peak-weighted RMS error*. Selain itu, koefisien korelasi antara debit banjir model dengan debit banjir terukur memberikan nilai sebesar 0,98. Hal tersebut menunjukkan terdapat kondisi korelasi atau kesesuaian langsung baik (*good direct correlation*) antara data terukur dengan hasil model meskipun masing-masing ordinat menunjukkan beberapa nilai debit banjir model di bawah ordinat debit banjir terukur (*under-predictions*) maupun di atas ordinat debit banjir terukur (*over-predictions*). Secara umum, hasil tersebut menunjukkan bahwa hidrograf banjir model HEC-HMS dapat digunakan sebagai salah satu metode pengamatan debit banjir sintesis pada DAS yang dikaji.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian ini dapat menyimpulkan antara lain: 1) karakteristik fisik Sub DAS Wuryantoro berdasarkan nilai CN komposit pada tahun 2010 sebesar 69,53 saat kelengasan tanah normal (AMC II). 2) Hasil hidrograf banjir model HEC-HMS untuk Sub DAS Wuryantoro memberikan nilai sangat baik (*objective function* kurang dari 10%) dengan perbedaan sebesar 0,24% untuk selisih debit puncak, 1,85% untuk selisih volume *outflow* dan waktu puncak yang sama.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. (2010). *Konservasi Tanah dan Air*. Edisi Kedua. Cetakan Kedua. Bogor: Institut Pertanian Bogor Press.
- Budiawan, S.S. (2012). Pendugaan Debit Puncak Menggunakan Model Rasional dan SCS-CN (*Soil Conservation Service-Curve Number*) (Studi Kasus di Sub-sub DAS Keyang, Slahung, dan Tempuran; Sub DAS Kali Madiun, DAS Solo). *Skripsi*. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- McCuen, R.H. (1998). *Hydrologic Analysis and Design*. 2<sup>nd</sup> edition. USA: Prentice Hall. Ney Jersey.
- Sene, K. (2008). *Flood Warning, Forcasting and Emergency Response*. United Kingdom: Springer Science.
- Seyhan, E. (1990). *Dasar-Dasar Hidrologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sudibyakto (1991). Analisis Sifat-Sifat Hujan dan Pengaruhnya terhadap Respons Hidrologi Beberapa Sub DAS di DAS Kali Konto Hulu, Jawa Timur. *Disertasi*. Bogor: Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Tivianton, T.A. (2008). Analisis Hidrograf Banjir Rancangan terhadap Perubahan Penggunaan lahan dalam Berbagai Kala Ulang Metode Hujan-Limpasan dengan HEC-GeoHMS dan HEC-HMS (Studi Kasus: Daerah Aliran Sungai Garang, Provinsi Jawa Tengah). *Tesis*. Yogyakarta: Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada.